

PM DC MAKİNE KULLANILARAK BİLGİSAYAR DESTEKLİ TAKO - GENERATÖR TASARIMI VE UYGULAMASI

Hasan ERDAL¹

Mustafa Onat²

^{1,2}Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Bölümü Göztepe Kampüsü
Kuyubaşı/İSTANBUL Tel:216 3365770

¹E-mail:herdal@marmara.edu.tr

²E-mail: monat@marmara.edu.tr

ÖZET

Endüstride devir sayısı (hız) ölçümlerinde, uygulamanın niteliğine bağlı olarak, değişik transdüser tipleri kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları (enkoder gibi), özelliklerine göre oldukça pahalı ya da karmaşık sayılabilecek yapıdadır. Bu çalışmada, kontrol eğitimi uygulamalarında kullanılabilen ve piyasada malzemesi kolaylıkla bulunabilen, küçük boyutlu bir DC makine kullanılarak, oldukça düşük maliyetli bir devir sayısı ölçeri tasarlanmıştır. Endüstriyel tipte sayısal bir optik el takometresi ile ölçülen devir sayıları referans alınarak, PM DC tako generatörün (TG ya da tako) analog ve bilgisayar destekli kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmaya akım (yük) ölçümü de eklenerek "Ölçme ve Enstrümantasyon" dersi uygulamalarında kullanılmak amacıyla, bir deney düzeneği oluşturulmuştur.

Anahtar sözcükler : tako generatör, kalibrasyon eğrisi, PM dc tako, devir sayısı (hız), Matlab, Simulink

1. GİRİŞ

Hız ölçümünde kullanılan yöntemler uygulamaya göre değişim göstermektedir. Örneğin, bir aracın hız ölçümünde vites kutusu dişli sisteminden yararlanılır ve çoğunlukla mekanik aktarımlı bir gösterge kullanılır. Bir akışkanın ya da gazın hızı (debi) ölçülürken de, akışkanın veya gazın içine yerleştirilen bir pervanenin devir sayısından veya akışkan ya da gazın dokunulmadan manyetik ölçüm yönteminden yararlanılabilir. Analog devir hızının ölçümünde genellikle tako-generatör olarak adlandırılan AC ya da DC elektrik generatörleri kullanılmaktadır. Sayısal işlemcilerin gelişmesi ve ucuzlaması ile, devir sayısı ölçümlerinde enkoder gibi optik yoldan sayısal işaret üreten tipte olanları gittikçe daha yaygın olarak kullanılmaktadır [1], [2]. Sayısal devir sayısı transdüserleri tasarımında, Hall etkili manyetik elemanlar da kullanılmaktadır [2], [3], [4].

Endüstriyel uygulamalarda genellikle, DC, AC ve dişli yapıda rotora sahip değişken relüktanslı tiplerde analog takometreler kullanılmaktadır. DC tako-generatörlerde fırça-kollektör sürtünmesi nedeniyle gürültü ve aşınma problemi vardır. Ayrıca, fırça temas direncinin değişmesi nedeniyle küçük de olsa bir hata oluşabilir. Bu tip elemanların periyodik bakımı gerekir. AC takometrede, gerilim stator sargılarında endüklendiği için, DC tako generatörlerdeki kollektör ve fırça gibi problemler yoktur [5]. Sayılan olumsuzluklarına rağmen, yapılarının küçük ve basit, fiyatlarının ucuz olması ve kolay bulunabilmeleri gibi olumlu özellikleri nedeniyle bir çok uygulamada DC tako generatörler oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır.

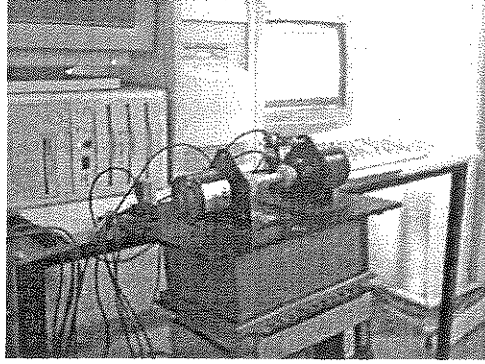
Bu çalışmanın ilk kısmında ölçme düzeneğinin tanıtımı yapılmıştır. İkinci kısımda, piyasada kolaylıkla bulunabilen küçük boyutlu bir teyp motorunun (PM DC makine) TG olarak tasarımı ve modeli verilmiştir. Üçüncü kısımda, TG'nin kalibrasyon işlemleri ve yapılan ölçümler anlatılmıştır. Dördüncü kısımda, deneysel sonuçlar tartışılmıştır. Son kısımda ise, sonuçlar ve öneriler aktarılmıştır.

2. DENEY SETİNİN TANITIMI

Gerçekleştirilen deney seti, Resim 1.'de görüldüğü gibi, donanım olarak iki adet özdeş PM DC makine, SCR tabanlı bir sürücü, TG (teyp motoru), 0.1 Ohm'luk bir direnç ve DC generatör uçlarına bağlı bir yük direnci, 2 adet alçak geçiren filtre (AGF) devresi, bir adet veri toplama kartı ve iki adet PC donanımlarından oluşmaktadır. Deney setinde yazılım olarak, Windows 98 işletim sistemi, Matlab, Simulink ve xPC Target kullanılmıştır.

Deney setindeki PM DC makineler, motor ve generatör olarak çalıştırılmak üzere birbirlerine bağlanmışlardır. Motorun sürülmesinde SCR tabanlı bir DC sürücü (0-10V kontrol girişli, 0-12 V ve 5A çıkışlı) ve generatörün yüklenmesinde ise, bir reosta kullanılmıştır. Devir sayısı ölçümünde, motor milindeki makaraya (kasnak) ince bir lastik kayış ile doğrudan bağlanmış basit ve düşük ataletli bir PM DC makine, tako generatör olarak çalıştırılmıştır. Bilgisayar

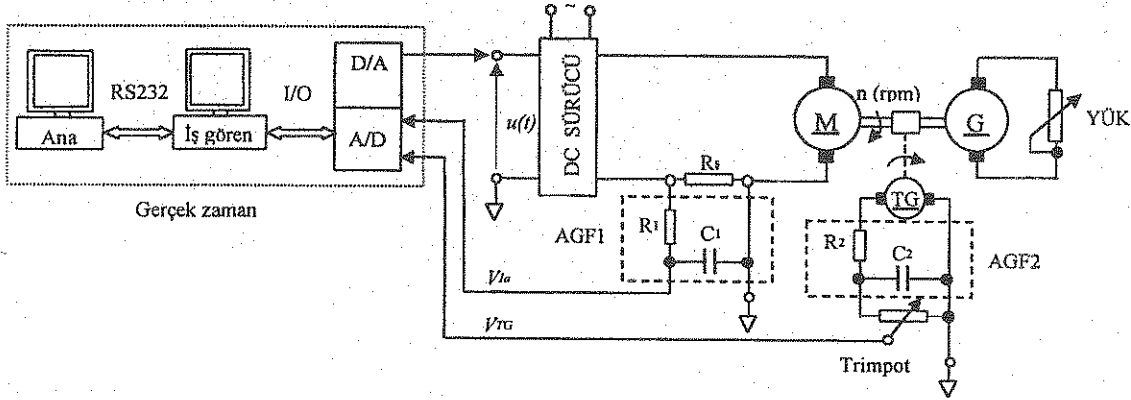
destekli anlık ölçümler, Advantech firması ürünü bir veri toplama kartı (PCL-818HG) ve Matlab kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Gerçek zamanlı ölçme programı, Matlab/Simulink ile tasarlanmıştır. Motorun çektiği akımın bilgisayar ortamına aktarılıp ölçülebilmesi için, akım gerilim dönüşümünde 0.25 Ohm'luk bir şönt direnç kullanılmıştır.



Resim 1. Deney setinin fotoğrafı

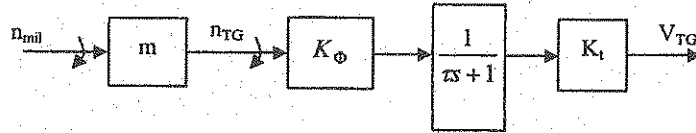
3. PM DC TAKO GENERATÖR TASARIMI

Tasarımda yüklemeye etkisi ihmal edilebilecek bir PM DC makine kullanılmıştır. Bir DC generatörün uç geriliminin düzgünlüğü, endüvideki bobin, kollektör dilimi ve kutup sayılarına bağlıdır [6], [7]. Kullanılan PM DC makinenin kollektör dilim sayısının az olması, fırça ve kollektör gibi mekanik kaynaklı sürtünmeler nedeniyle uç gerilimi dalgalı ve parazitlidir. Ayrıca besleme kaynağı ve çevreden gelen bozucular tüm sistemi etkiler. Bu nedenle, tasarlanacak TG'nin uç gerilimindeki gürültünün kabul edilebilir bir seviyeye düşürülmesi için, uygun bir alçak geçiren filtre (AGF) devresi tasarlanmıştır ve Şekil 1.'de gösterildiği gibi TG çıkışına bağlanmıştır.



Şekil 1 Ölçüm düzeneği şematik diyagramı

TG uç gerilimi ile devir sayısı arasında bir dönüşüm oranı (K_t) elde edebilmek için, filtre çıkışına ayarlı direnç (trimpot) bağlanmıştır. Buna göre, tasarlanan tako generatörün blok diyagramı Şekil 2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2 Tasarlanan TG'nin blok diyagramı.

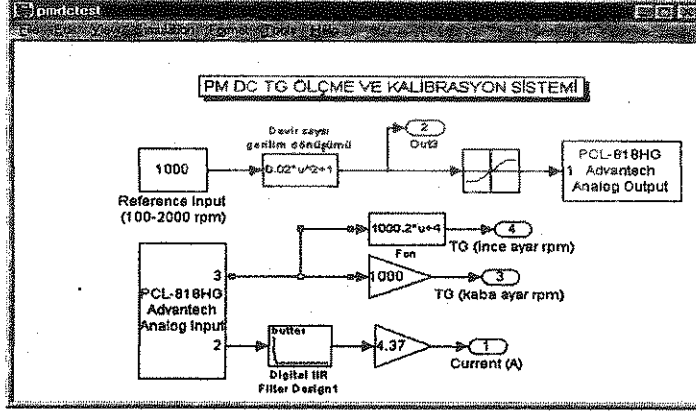
Şekil 2.'den TG'nin transfer fonksiyonu,

$$TG(s) = \frac{V_{TG}(s)}{n_{mil}(s)} = \frac{m \cdot K_\Phi \cdot K_t}{\tau s + 1} \quad (1)$$

olarak elde edilir. Burada; m , motor milindeki kasnak çapının TG milindeki kasnak çapına oranıdır ve bu oran 5.1 olarak ölçülmüştür. K_t , kazanç değeridir ve trimpot kullanılarak 0.3125'e ayarlanmıştır. K_Φ , generatör sabiti, 0.0032 olarak tespit edilmiştir. τ (RC), AGF'nin zaman sabitidir ve değeri 0.047 s dir.

4. ÖLÇME VE KALIBRASYON İŞLEMLERİ

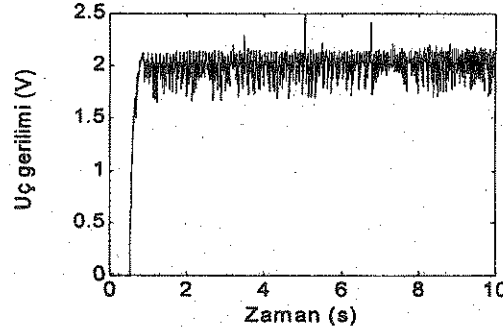
Ölçümlerin sağlıklı yapılabilmesi için, ilk olarak deney düzeneği ve şebekeden gelen gürültü ve parazitler tasarlanan alçak geçiren filtrelerle kabul edilebilir seviyeye indirilmiştir. Devir sayısı-uç gerilimi kalibrasyon eğrisinin elde edilebilmesi için, TG sıfırdan başlanarak belli devir sayılarında döndürülmüş ve uç gerilimleri kaydedilmiştir. Devir sayısı ölçümlerinde, AMETEK 1726 el tipi sayısal takometre kullanılmıştır. TG uç gerilim değeri (VTG), 2500 d/dk'da 2.5 V olacak şekilde ayarlanmıştır. Böylece, TG'nin uç gerilimi 1000 ile çarpılarak devir sayısı kolayca bulunabilmektedir (analog kalibrasyon). Kalibrasyon işleminde, TG uç gerilimi yaklaşık lineer olduğundan lineerleştirme aşamasına gerek kalmamıştır. Ölçme ve kalibrasyon işlemleri için, Matlab Simulink'te gerçekleştirilen Şekil 3'deki ölçme programı kullanılmıştır.



Şekil 3. Bilgisayar destekli ölçüm ve kalibrasyon programı

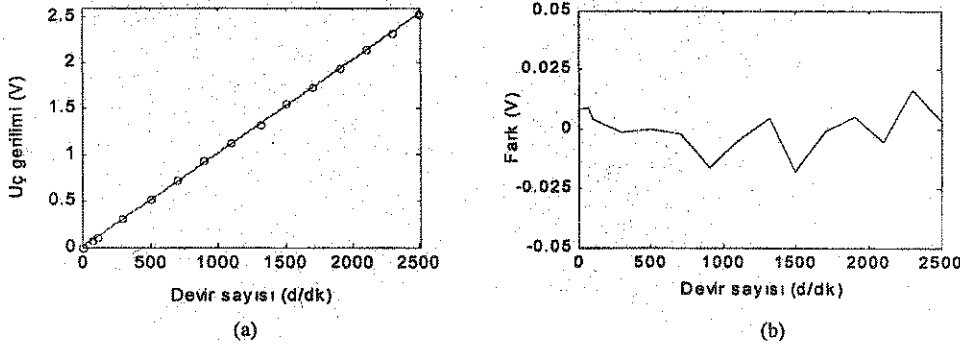
5. DENEYSEL SONUÇLAR

Tako generatör olarak kullanılacak makinenin ürettiği uç gerilimi, Şekil 4.'de görüldüğü gibi, oldukça gürültülü ve parazitlidir. Doğrudan tako generatör olarak kullanılmaya elverişli olmadığı açıktır.



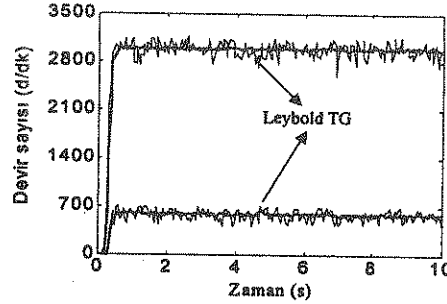
Şekil 4. PM DC makinenin (generatör) uç gerilimi

Uygun filtreleme işleminden sonra, elde edilen TG kalibrasyon eğrisi Şekil 5'de gösterilmiştir. Deneysel olarak elde edilen TG uç gerilim değerleri, küçük daireler halinde Şekil 5(a)'da gösterilmiştir. TG uç geriliminin devir sayısı cinsinden ifadesi, Matlab'ın eğri uydurma programı ile elde edilerek sürekli çizgi şeklinde yine Şekil 5(a)'da gösterilmiştir. Uydurulan eğri ile gerçek eğri arasındaki fark, Şekil 5(b)'de görülmektedir.



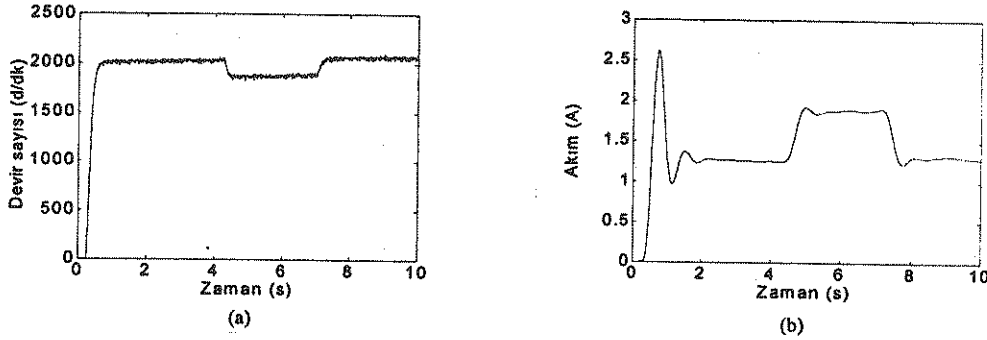
Şekil 5. (a) TG' kalibrasyon eğrisi, (b) Uydurulan eğri ile gerçek eğri arasındaki fark

Leybold tarafından geliştirilen motor hız kontrol deney setine ait bir tako generatör ile, tasarlanan TG'nin ürettikleri gerilimler aynı şartlar altında karşılaştırılmıştır. Bunun için her iki tako generatör aynı anda bir motor ile döndürülmüş ve elde edilen sonuçlar Şekil 6.'de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, düşük ve yüksek devirlerde, tasarlanan TG'nin uç gerilimlerinde oluşan gürültü yoğunluğu Leybold marka TG'ye göre oldukça düşük seviyelerdedir. Diğer taraftan, tasarlanan TG'nin cevabında bir gecikme gözlenmemiştir.



Şekil 6. Leybold marka tako generatör ile tasarlanan TG'nin çıkış gerilimlerinin karşılaştırılması

Tasarlanan TG'nin kalibrasyon testi için, PM dc motor yüklü ve yüksüz olarak çalıştırılmıştır. Şekil 7(a)'da gösterilen sonuca göre, TG'nin oldukça sağlıklı çalıştığı ve devir sayısı ölçümünde başarılı olduğu anlaşılmaktadır. Ölçme ve enstrümantasyon ve elektrik makinaları derslerinin uygulamalarına bir örnek olması amacıyla, farklı yüklerde motorun



Şekil 7. (a)Tasarlanan tako generatör ile hız ölçümü, (b) Aynı deneydeki akım ölçümü

çektığı akım Şekil 7(b)'de verilmiştir. Şekil 7(b)'de görüldüğü gibi, yüksüz olarak kalkınan motorun ilk anda yüksek bir akım çektiği, yol aldıktan sonra akımın belli bir seviyeye düştüğü (2. s), daha sonra yüklenince çektiği akımın da arttığı (5. s) ve yük kaldırıldığında akımın yine yüksüz çalışmadaki seviyeye düştüğü (7. s) görülmektedir. Elde edilen deneysel sonuçlara göre, tasarlanan TG'nin 100-2500 d/dk ölçüm aralığında sorunsuz kullanılabilceği görülmektedir.

6. SONUÇ

Endüstride ve teknik eğitim uygulamalarında rahatlıkla kullanılabilen, maliyeti oldukça düşük, ölçüm kalitesi bir çok hız kontrol uygulamaları için yeterli bir TG tasarlanmıştır. Aynı şartlarda yapılan ölçümlerde Leybold endüstriyel takosuna göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Tasarlanan TG ile bilgisayar destekli yapılan hız ölçümlerinde, dönüş yönü, sayısala çevrim ve yük etkisi gibi problemler yaşanabileceğinden, deney setinde sayısal hız ölçümü tasarımı üzerinde ek çalışmalar devam ettirilmektedir.

7. KAYNAKLAR

- [1] Gürdal, O, "Algılayıcılar Ve Dönüştürücüler", Nobel Yayın Dağıtım, 2000, Ankara
- [2] Maloney, T.J., "Modern Industrial Electronics", Prentice Hall, 1996, New Jersey
- [3] Humpries, J. T., "Industrial Electronics, Delmar Publishers Inc"., 1993, NY
- [4] Jacob, J. M., "Industrial Control Electronics Applications and Design", Prentice Hall, 1988, New Jersey
- [5] Pastacı, H., "Elektrik Ölçmeleri", Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, 2000, İstanbul
- [6] Gürdal, O, "Elektrik Makinelerinin Tasarımı", Atlas Yayın Dağıtım, 2001, İstanbul
- [7] Kissels, T.E., "Industrial Electronics", Prentice Hall, 1997, New Jersey